chapter 3

the oscillators

قبل التعرف على دوائر الـ osci المختلفة دعنا نقوم بتعريف ماهو الـ osci

An oscillator :- تعريف

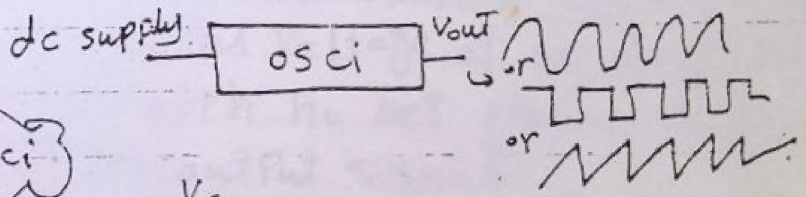
is a circuit that produces a repetitive wave form on it's output only the dc supply voltage as an input ;

- يمكن تعريف الـ osci على انه دائرة التي تستطيع انها تولد اشارة متكررة (تقبل تضخم) الخرج بالرغم من استخدام dc supply فقط عند الـ i/p

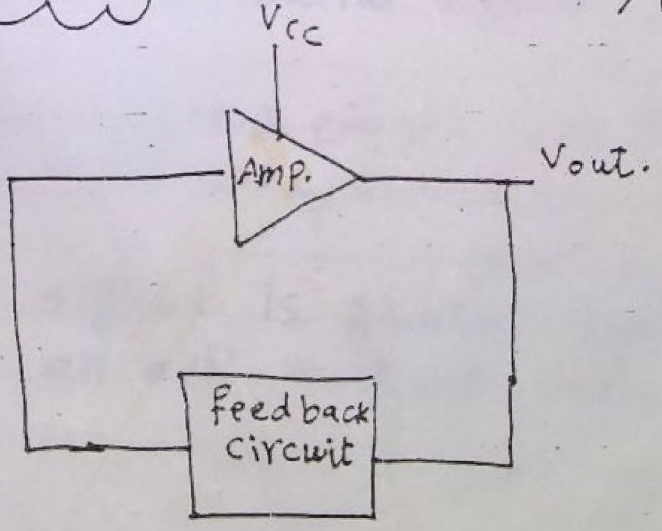
- او يمكن تعريف دائرة الـ osci بشكل آخر

An oscillator :- it is a circuit which convert electerical energy in the form of dc to electerical energy in the form of A.C.

- Ac energy الى dc energy او انها دائرة تستطيع انها تحول



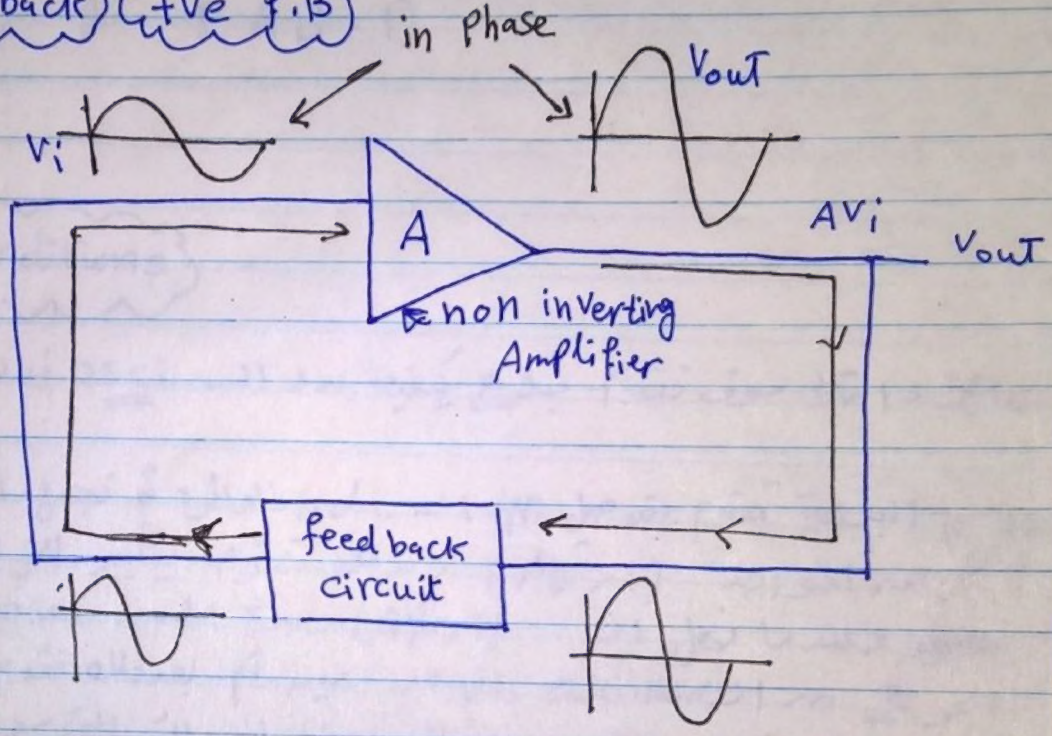
Basic element of osci



Oscillator Principles

→ oscillator operation is based on the principle of Positive feed back.

Positive feedback (+ve f.B)



شرح الـ operation

: Positive feedback is characterized by the condition where in a portion of the output voltage of an Amplifier is fed back to the input with no net phase shift result in a rein forcement تعزيز-تقوية of the output signal.

- تتميز الـ +ve f.B بأنها تقوم بارجاع جزء من خرج الـ Ampl. الى الدخل مرة أخرى، وبشرط ان تكون الـ signal التي ترجع لا تكون in Phase مع الدخل

⇒ if the f.B signal is greater than the i/p Then will be an o/p without i/p.

١٨.٩.٢٠٢٥

Condition for oscillation

لا بد من تحقيق الشرط التالية لكي يحدث الـ osci

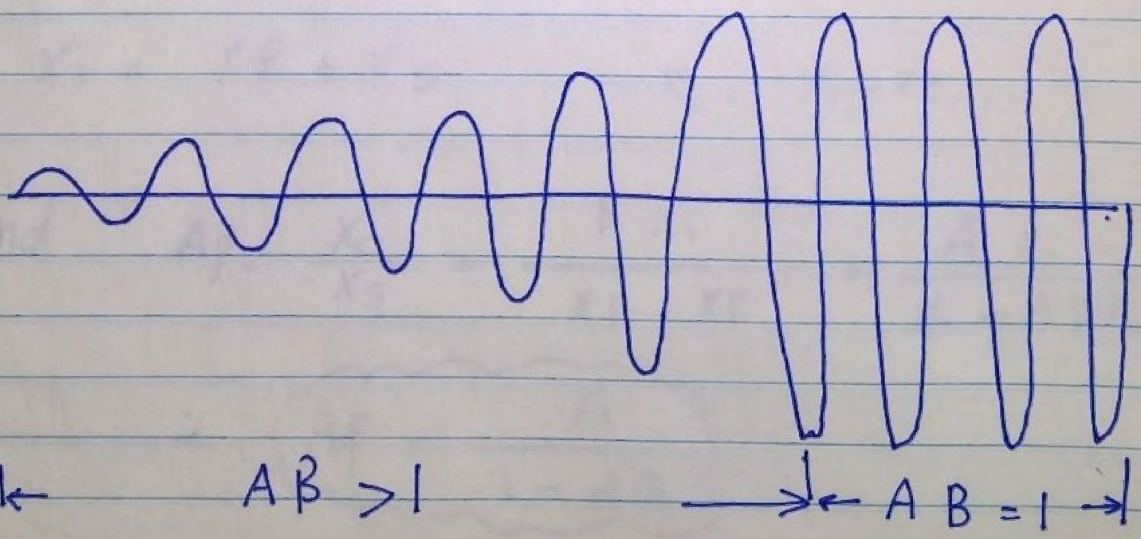
① the phase shift around the feed back Loop must be 0°

② the closed Loop gain AB around f.B must be equal 1 (AB = 1)

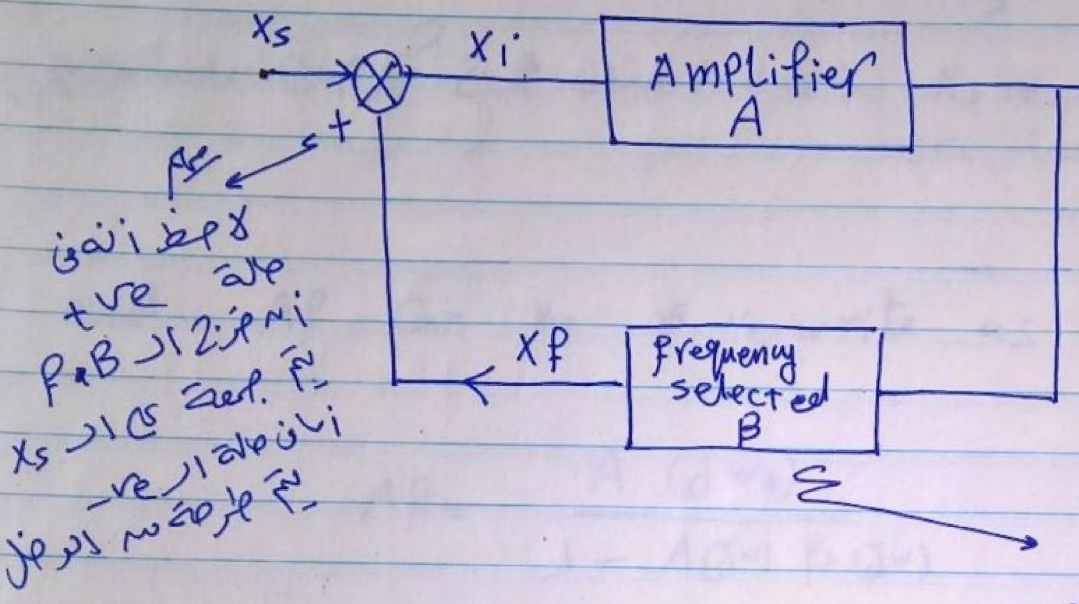
Start up conditions ..

في الجزء التالي سوف نقوم بشرح كيفية بدء الـ osci في الدائرة ..

← في البداية تقوم بتوصيل جهد الـ dc على الدائرة ثم نجعل الـ closed (AB) أكبر من الواحد (AB > 1) وبذلك تقوم بتكبير الخرج إلى حد معين وعندما نجعل الـ (AB > 1) يبدأ الـ osci ثم بعد ذلك نكبر الخرج من الـ oscillator إلى حد معين ثم بعد ذلك نقوم بجعل الـ AB تقريباً يساوي (١) وذلك باستخدام بعض الدوائر التي سوف نقوم بدراستها. ويمكن تمثيل بـ



Principles of sinesuidal oscillators



Frequency selective

$$X_f = \beta X_o \quad , \quad X_o = A X_i$$

$$X_i = X_f + X_s \qquad X_s = X_i - X_f$$

and $$A_f = \frac{X_o}{X_s} = \frac{A X_i}{X_i - X_f} = \frac{A X_i}{X_i - A\beta X_i}$$

$$\therefore \boxed{A_f = \frac{A}{1 - A\beta}}$$

if at specific freq. f_0 $\quad A\beta = 1$

$$\therefore A_f = \infty = \frac{X_o}{X_s}$$

معنى ذلك انى $X_s = 0$ اى اشارة الدخل بتساوى صفر يعنى توصيل بدون اشارة دخل او osci

and A_f can be re-write as

$$A_f = \frac{A(j\omega_o)}{1 - A(j\omega)\,\beta(j\omega)}$$

and the condition for f.B Loop to produce sin. osc or provide sinseuidal

① is $L(j\omega_o) = A(j\omega_o)\,\beta(j\omega_o) = 1$

Closed loop gain

and ② net phase of the signal is zero

and two condition called

[Barkhausen criterion]

Non linear Amplitude control

كما ذكرنا سه قبل انه الشرط الاساسى لكى نبدأ عملية الـ osci هو انه يكون الـ closed loop gain (AB = 1) وهذا غير ممكن على فترة طويلة سه الزمن ولكى نتغلب على هذه المشكلة نتبع التالى اما نستخدم دوائر limiter لكى تتحكم فى كمية الـ gain او تتحكم فى كمية او مقدار الخرج الذى يخرج سه دائرة الـ osci . ولابد انه يتم معرفة التالى

a) $AB = 1$ Can't be maintained for any length of time

b) if $AB > 1$ osci grow in amplitude

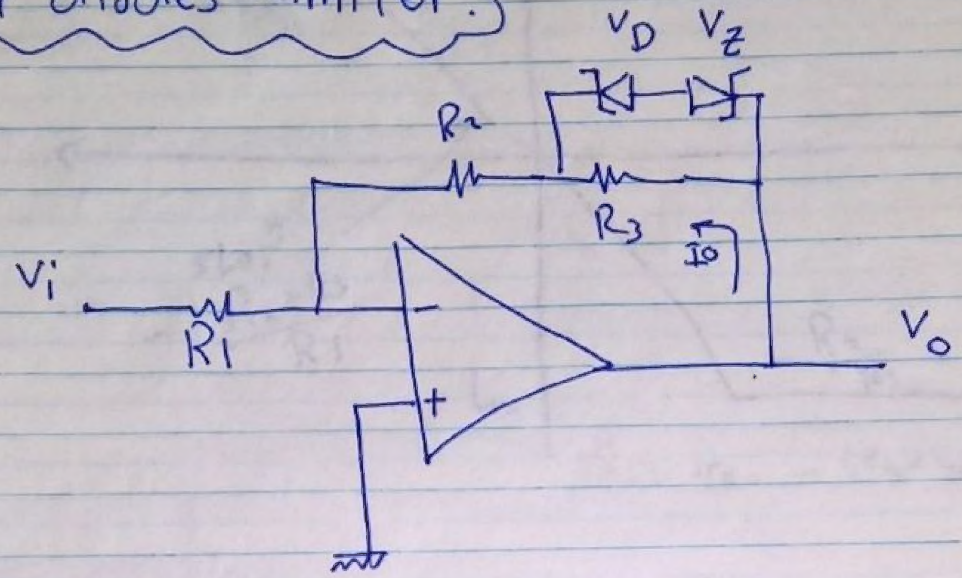
c) if $AB < 1$ osci STOPS

لكى نبدأ الـ osci

⇒ first AB should be greater than unity to osci To be start and Then when the amplitude reaches the desired level The gain control circuit causes the Loop gain to be reduced To unity

وسه هذه الدوائر التى تتحكم فى الـ gain هى

a) Zener diodes limiter



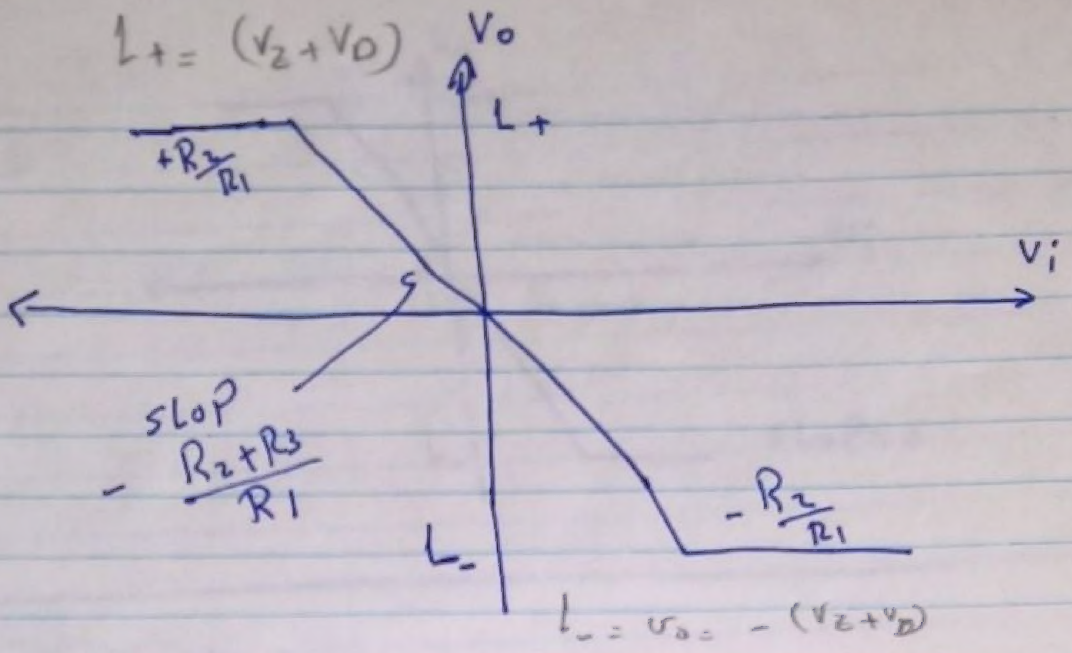
when V_i is small then V_o is small. and then zener diode is not conduct acts as o.c

$$\therefore V_o = -\frac{R_2 + R_3}{R_1} V_i \quad \text{[linear Part]}$$

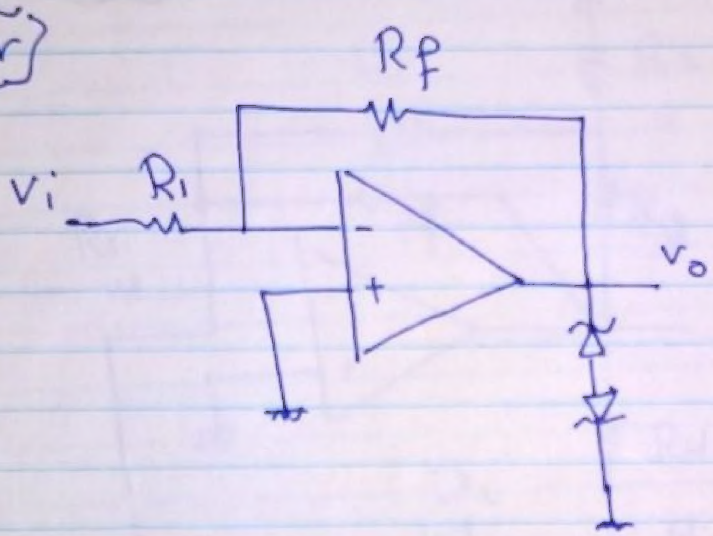
⇒ when V_i is increased we see from the above equation that V_o will be decreased and when $V_o < -(V_z + V_D)$ ∴ zener diode will be conduct and act as short circuit on R_3

and then $V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_i$ ⇒

بعد ذلك يقل R_3 ويصبح الدائرة هذا النوع على الشكل التالي



Hard limiter

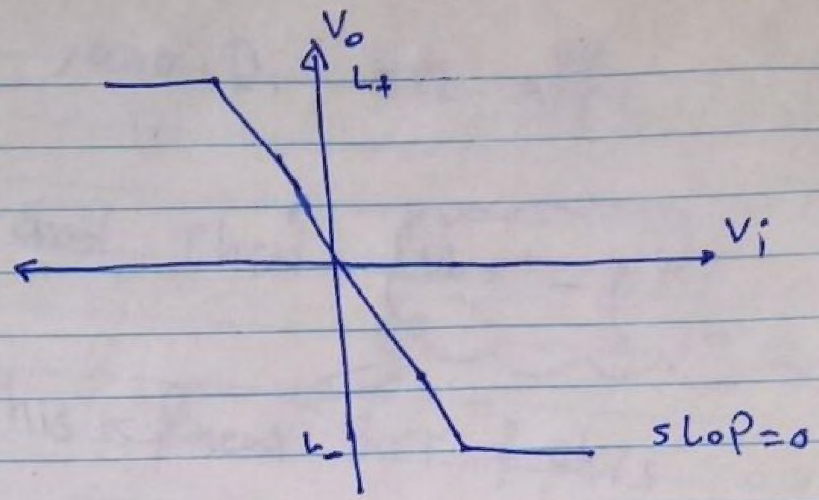


when zener is not conduct

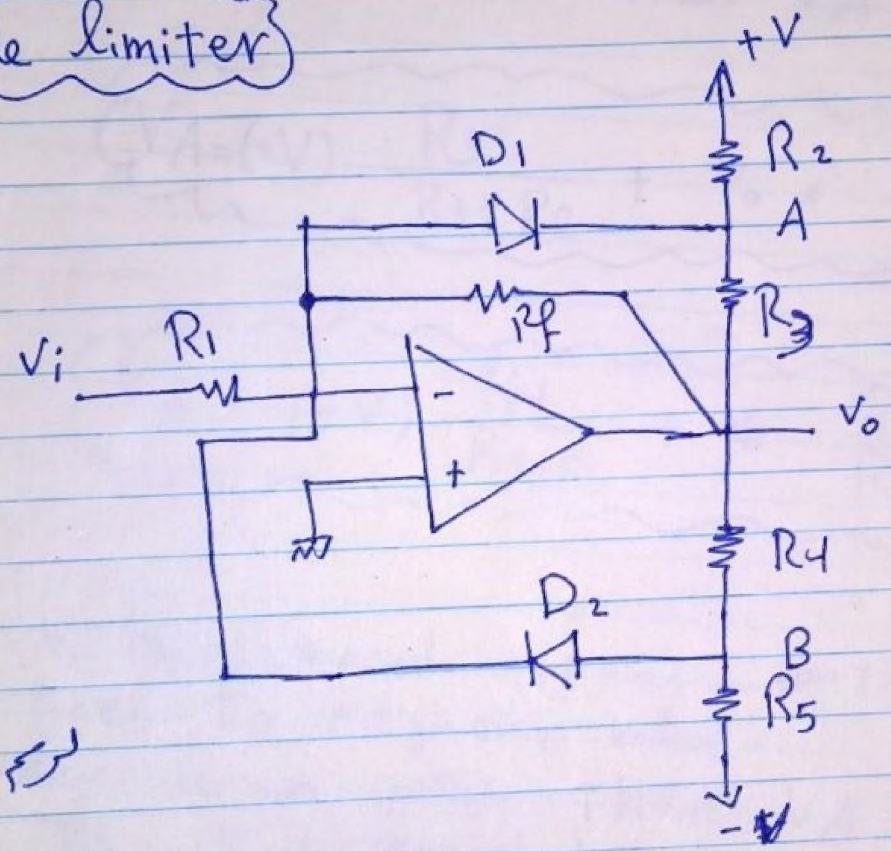
$$\therefore V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_i$$ Linear Part

when zener is conduct

$$\therefore V_o = -(V_Z + V_D) = L_-$$



(3) diode limiter



ckt is

⇒ when V_i (small =0) Then V_o is very small.

and Then $\left[V_A = +V * \frac{R_3}{R_3+R_2}\right]$ +ve

and Then $V_B = \left[-V * \frac{R_4}{R_4+R_5}\right)$ -ve

Then D_1, and D_2 are off.

and Then $V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}\right) V_i$ — (1)

This is linear Part of ckts

Then using super position To find V_A

$$V_A = (+V)\frac{R_3}{R_3+R_2} + V_o * \frac{R_2}{R_2+R_3} \quad -(2)$$

$$V_B = (-V)\frac{R_4}{R_4+R_5} + V_o \frac{R_5}{R_4+R_5} \quad -(3)$$

⇒ when V_i is increased in (+ve), then from (1) V_o goes To negative value.

⇒ So when $V_o \Rightarrow$ (-ve) Then V_A is decreased and V_B is increased by (negative)

⇒ when V_A is reached To $\left(-\frac{V_D}{0.7}\right)$ Then D_1 is Conduct; and V_B is increased by neagtive Then D_2 is off.

$V_A = -V_D$

وعندما فيمة V_o التي يكون عندها ($V_A = -V_D$) بالتعويض في ③ بـ

$$-V_D = (+V)\frac{R_3}{R_2+R_3} + V_o * \frac{R_2}{R_2+R_3}$$

$$\therefore \boxed{V_o = L_- = (-V)\left(\frac{R_3}{R_2}\right) - V_D\left(1+\frac{R_3}{R_2}\right)}$$

وعندما تقل V_i وتصبح تصل الى السالب فإنه V_o تزيد وكذلك V_B تزيد وتصبح باشارة موجبة حتى تصل الى قيمة $(+V_D)$ وعندها تكون الدايود D_2 في حالة الـ Reverse ويكون D_1 في حالة الـ forward ويكون

$$L_+ = V\frac{R_4}{R_5} + V_D\left[1+\frac{R_4}{R_5}\right]$$

for $V_1 > V_1^+$ أي عندما تزيد قيمة V_i

يكون $D_1 \to f$ والـ D_2 R وكذلك

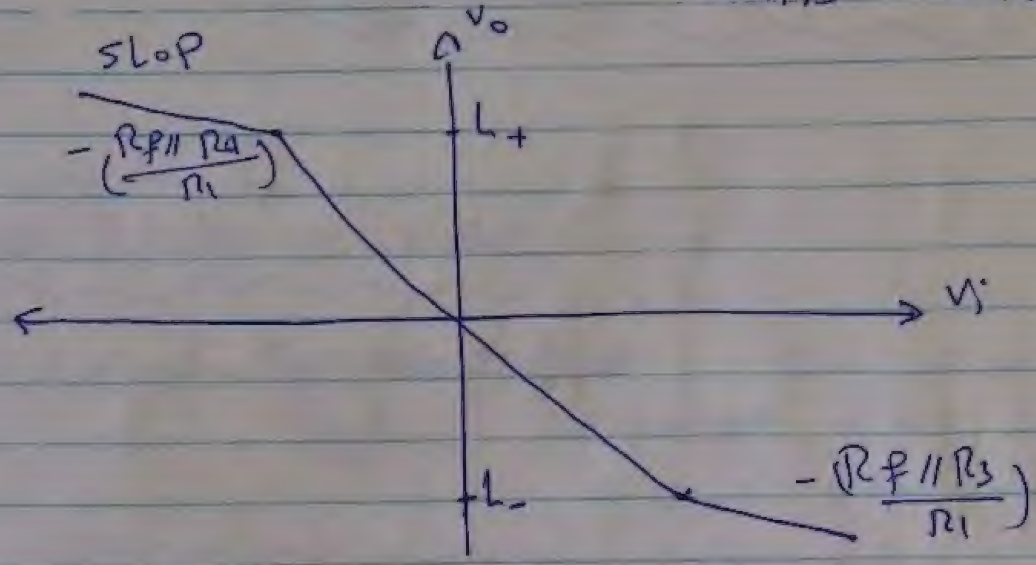
In cremental gain is $-\dfrac{R_f // R_3}{R_1}$

$$\text{or } V_o = -\frac{R_f // R_3}{R_1} V_i$$

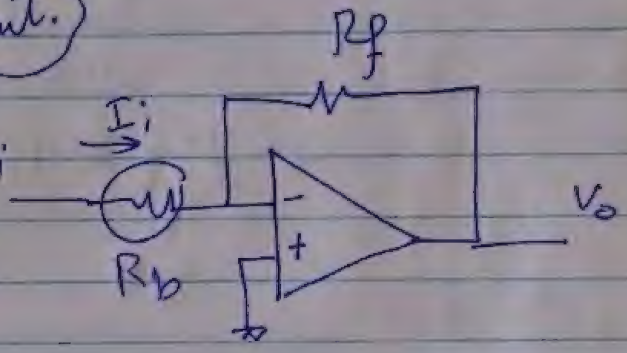
and when D_2 is forvard and D_1 is Reverse

$$\therefore V_o = -\frac{R_f // R_4}{R_1}$$

Ch1s على شكل هذا



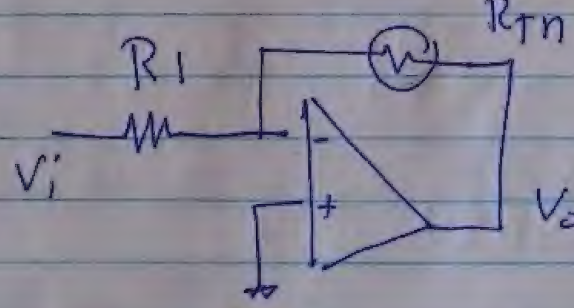
④ Barreter control circuit.



$$\therefore V_o = -\frac{R_f}{R_b} V_i$$

as $V_i \uparrow$ $I_i \uparrow$, $T \uparrow$ $R_b \downarrow$ $V_o \downarrow$

⑤ thermistor



$$V_o = -\frac{R_{TH}}{R_1} V_i$$

as $V_i \uparrow$ $I_1 \uparrow$ $I_2 \uparrow$, $R_{TH} \downarrow$ $V_o \downarrow$

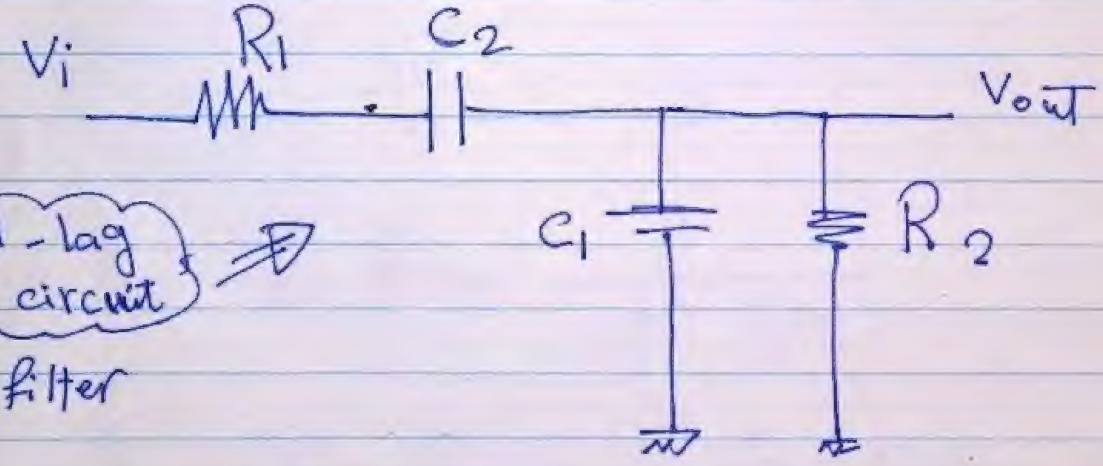
oscillators with Rc feedback circuit

(a) the Wien-Bridge oscillator.

أول نوع من الـ oscillators اللي هندرسه هو الـ Wein Bridge حيث يتكون جزء الـ F.B من دائرة الـ RC.

⇒ Fundamental Part of wien Bridge.

قبل ما نذكر الـ F.B جزء الـ Frequency selected حيث تقوم هذه الدائرة باختيار تردد معين من الـ signal وتقوم بإزاحة كل الترددات الأخرى ويتم تكوين دائرة الـ filter حيث تقوم باختيار هذا التردد. وتتكون هذه الدائرة من اتنين



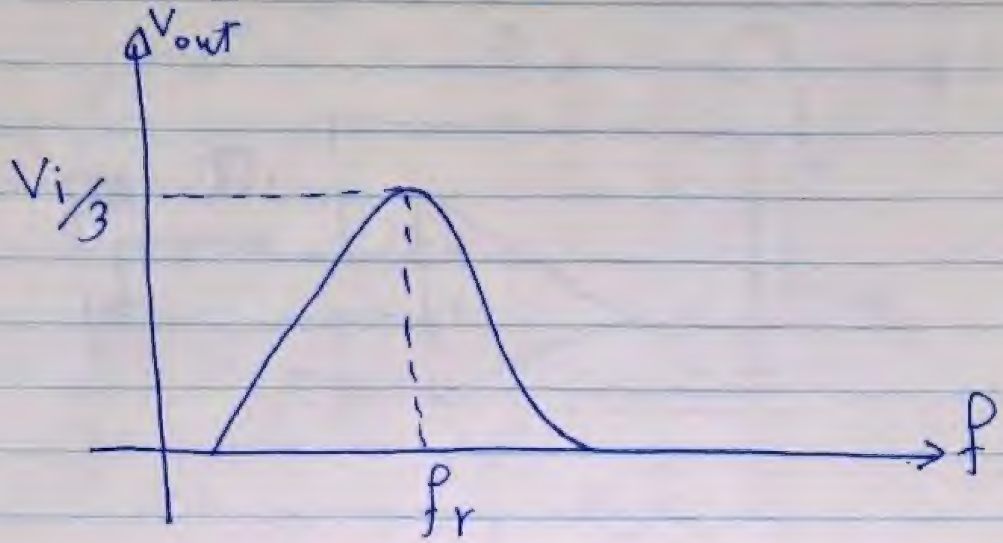
Lead-lag circuit ⇒

Low Pass filter

LPF ⇐ Lag circuit ⇐ R_1, C_1 حيث يتكون من

HPF ⇐ Lead circuit ⇐ R_2, C_2 ويتكون من

ويكون الـ response لهذه الدائرة على الشكل التالي.



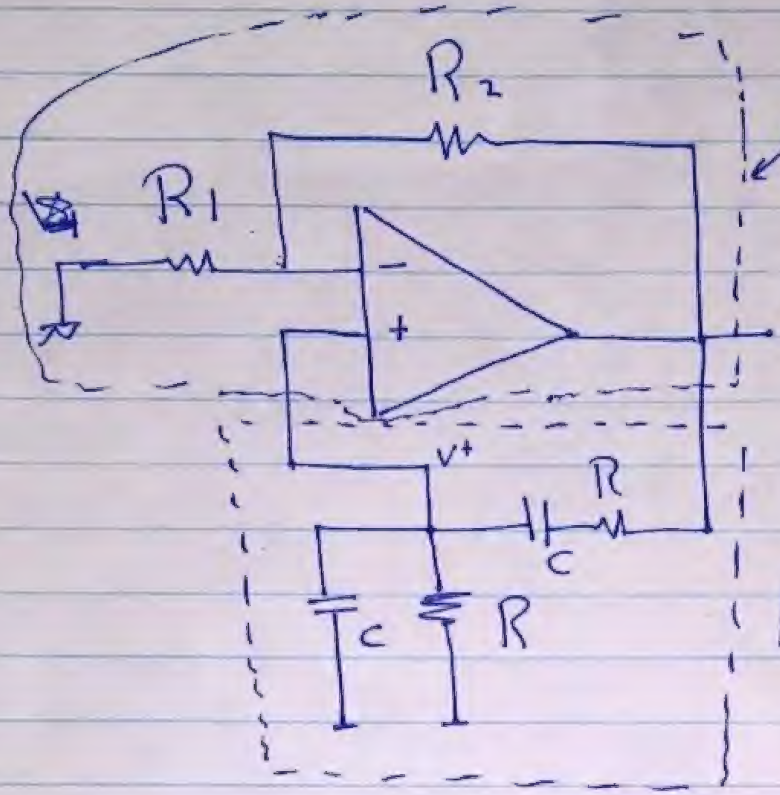
نلاحظ من الشكل أنه عند تردد الرنين يكون خرج الدائرة عبارة عن (Vout = ⅓ Vi) وكمان تتميز هذه الدائرة أنه عند تردد الرنين أنه الـ o/p له نفس الـ Phase الخاص بالـ i/p وهذا شرط مهم جداً في حالة الـ oscillator ولذلك عند استخدام هذه الدائرة لابد من استخدام تردد الرنين وهو f_r حيث يكون الـ o/p والـ i/p في نفس الـ Phase and

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{3}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC}$$

$R_1 = R_2$, $C_1 = C_2$

Basic circuit of wein Bridge.



$\beta = 1/3 = \frac{V^+}{V_o}$

$\phi = 0$ at f_r

سؤال

لكي نبدأ الـ osci لابد وأن يكون $A\beta = 1$ إذا كانت $\beta = 1/3$ عند التردد f_r

$\therefore$ for osci $\therefore A = 3$

for A circuit (non inverting Amp.

$$\therefore A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\therefore 3 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\therefore R_2 = 2R_1$$

شرط لكي نبدأ الـ osci

the wien Bridge oscillators

$X_c = \frac{1}{sC}$

في هذا النوع من الدائرة تتكون الـ circuit من R.C وهذه الدائرة تحتوي على Lead-lag circuit

⇒ wien Bridge oscillator is stander circuit for frequencies 5 Hz to 1 M Hz.

دعنا الآن نقوم بتحليل دائرة الـ Lead-lag circuit

(a) Lag circuit

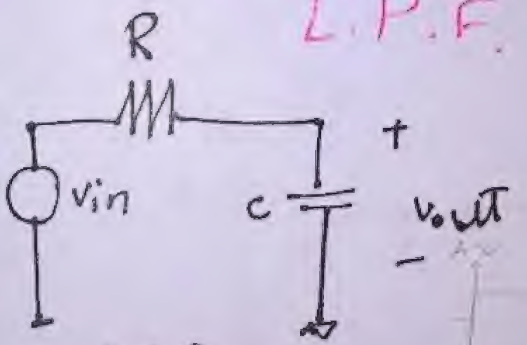
⇒ The output lags the input by a specific phase

في هذا النوع من الدائرة يتكون لدينا هذه الدائرة متتابعة من R و C

V_{out} lags V_{in} by θ

symbol.

L.P.F.



From V.D.R. in Loop circuit :-

$$\therefore V_{out} = V_{in} \frac{-jX_c}{R - jX_c}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-jX_c}{R - jX_c}$$

* في حالة "معقد" العلاقة

$$\left|\frac{V_{out}}{V_{in}}\right| = \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

and $\theta = -\tan^{-1}\frac{R}{X_c}$ #

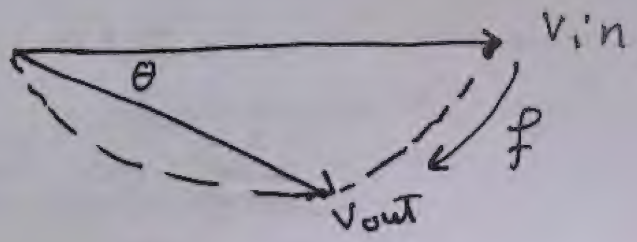
$-90^\circ \leq \theta \leq 0^\circ$

تتغير بزاوية بين

$0 \rightarrow -90$

في حالة R, X_c

نلاحظ أن θ الخارجة بموجب الإشارة سالبة معنى ذلك
أن o/p تتأخر عن i/p وهو ال lag

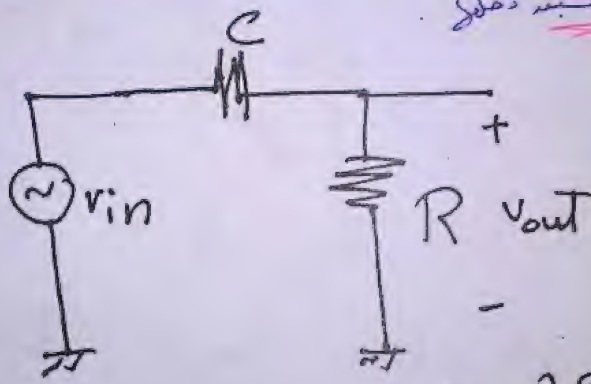


B

Lead circuit

The output leads the input by a specific phase

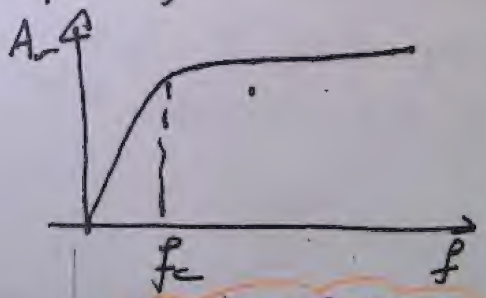
يكون خرج الدائرة يسبق دخلها



Vout lead Vin by ⊕

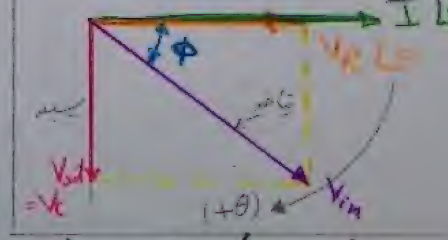
$$V_{out} = V_{in} \frac{R}{R - jX_c}$$

H . P.f



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} \Big| \tan^{-1} \frac{X_c}{R}$$

« Phasor Daigram »



$$\therefore \theta = \oplus \tan^{-1} \frac{X_c}{R} \quad \#$$

نلاحظ أن الخرج يكون سابقة ال i/p

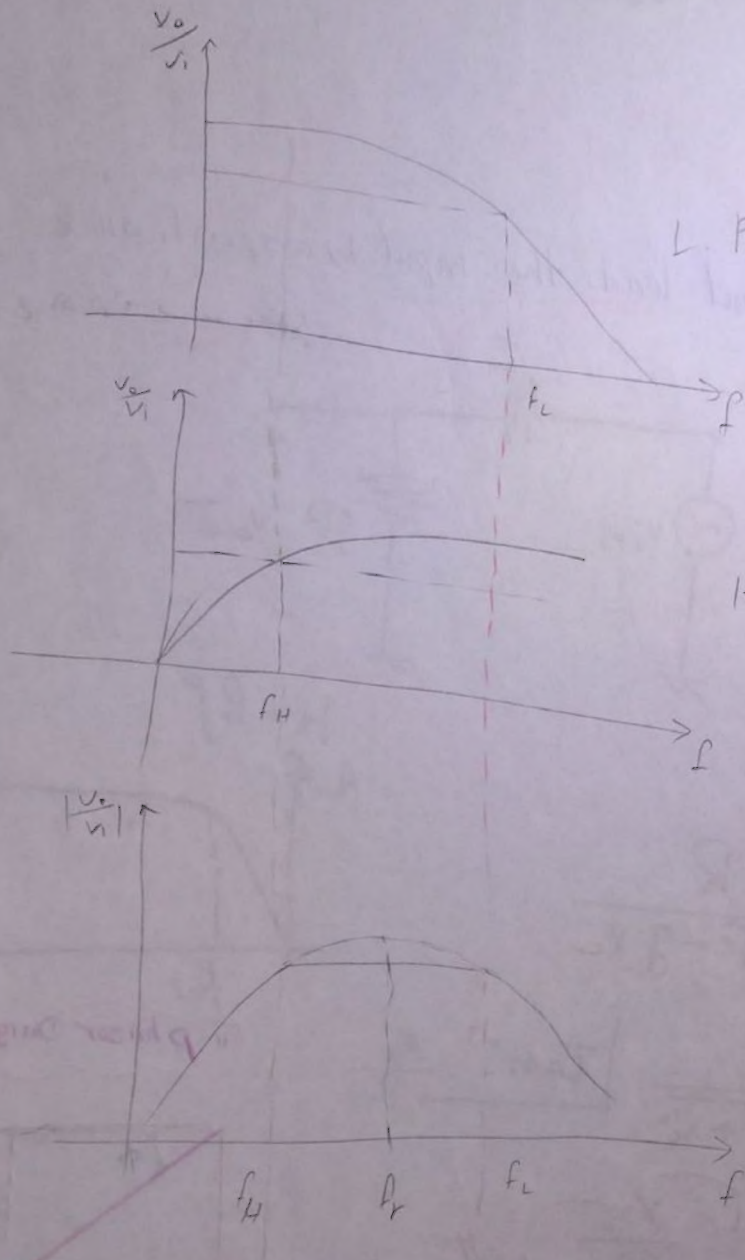
Lead - lag circuit:

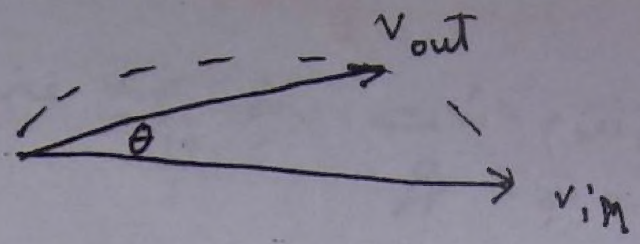
lead circuit :- Consists of (C_2, R_2)

lag circuit :- Consists of (R_1, C_1)

In low frequency → $X_{C_1}, X_{C_2} \Rightarrow \infty \rightarrow$ o.c. ⟹ $V_{out} = 0$

In high frequency → $X_{C_1}, X_{C_2} \Rightarrow 0 \rightarrow$ s.c. ⟹ $V_{out} = 0$





C

Lead - Lag circuit

The output stays in phase with input.

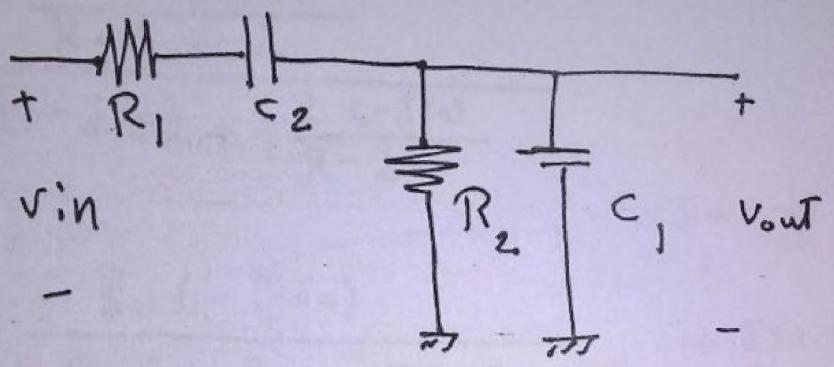
Condition:- ① $R_1 = R_2 = R$ ② $C_1 = C_2 = C$

(lead) = سالب زاویه در lag

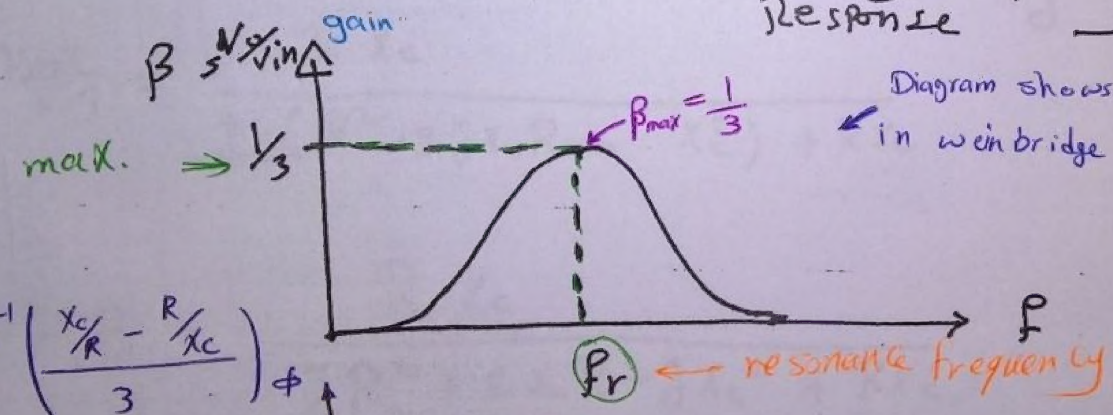
کی کنون زاویه

← صفر یکدیگر سیگنال یعنی اوضح سیگنال در (signals) ← (inphase)

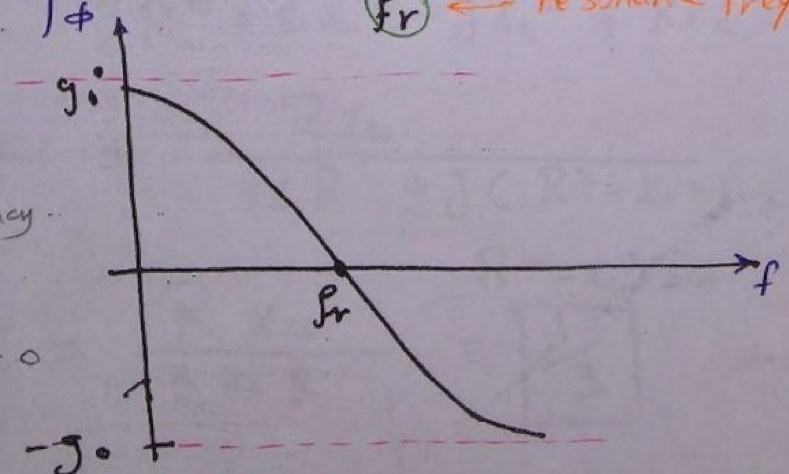
symbol:-



در هذا الجزء تم تجميع دائرتار lead ودائرة ال Lag ع بعض حبيث يكون ال Response



$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_c/R - R/X_c}{3}\right)$$



① $f \to 0 \Rightarrow$ low frequency

$\phi = 90°$

② $f \to \infty \Rightarrow$ high freqeuency

$\phi = -90°$

③ $f \to f_r$, $\frac{X_c}{R} - \frac{R}{X_c} = 0$

$\phi = 0°$

اثبات أن $\beta_{max} = \frac{1}{3}$

* تمام اختياره

وفي الجزء القادم سوف نقوم باثبات أن نتيجة $\frac{V_{out}}{V_{in}}$ عند تردد الرنين = 3
سوف نقوم بحسابها ونتيجة β_f.

* From V.D.R :-

where $C_1 = C_2 = C$

$$V_{out} = V_{in} \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

where $Z_2 = R \,//\, (-jX_c)$ توازي

$Z_1 = R - jX_c$ توالي

$$Z_2 = \frac{R * -jX_c}{R - jX_c}$$

$$\beta = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{R(-jX_c)}{R - jX_c}}{(R - jX_c) + \frac{R(-jX_c)}{R - jX_c}}$$

β_f ∴

$$-j = \frac{1}{j}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R(-jX_c)}{(R - jX_c)^2 + R(-jX_c)}$$

$(R^2 - 2jX_cR + (-1)X_c^2)$ توالي تربيع

⇒ نقوم بضرب وقسام في (j)

بالضرب في $\frac{j}{j}$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{RX_c}{j(R^2 - 2jX_cR - X_c^2) + RX_c}$$

$-j+j = -+- = 1$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{RX_c}{jR^2 + 2X_cR - jX_c^2 + RX_c}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{RX_c}{3X_cR + j(R^2 - X_c^2)}$$

عند الرنين $R^2 - X_c^2 = 0$

$$\beta_f = \frac{V_{out}}{V_{in}}\Big|_{f_r} = \frac{RX_c}{3X_cR} = \boxed{\frac{1}{3}}$$

(imaginary) يكون الجزء التخيلي (resonance)
ساوي صفر (zero)

$$P = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{RX_c}{3RX_c + j(R^2 - X_c^2)}$$

← نأخذ (RXc) مشترك من المقام

أو بطريقة أخرى.

$$P = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{3 + j\left(\frac{R}{X_c} - \frac{X_c}{R}\right)}$$

⇒ نوحد المقياس

$$\therefore \left|\frac{V_{out}}{V_{in}}\right| = \frac{1}{\sqrt{9 + \left(\frac{R}{X_c} - \frac{X_c}{R}\right)^2}}$$

at resonance $R = X_c$

resonance at img = 0

$$\frac{R}{X_c} - \frac{X_c}{R} = 0$$

$$\frac{R}{X_c} = \frac{X_c}{R} \Rightarrow R^2 = X_c^2$$

at ∴

∴ $R = X_c$

$$\therefore \left|\frac{V_{out}}{V_{in}}\right| = \frac{1}{\sqrt{9}} = \boxed{\frac{1}{3}} \quad \#$$

$$\theta = \frac{10^\circ \Leftarrow \text{الزاوية المطلوبة}}{\tan^{-1}\left(\frac{\text{img}}{\text{Real}}\right) \Leftarrow \text{الزاوية الناتجة}}$$

$$\theta = \frac{10^\circ}{\tan^{-1}\left(\frac{\frac{R}{X_c} - \frac{X_c}{R}}{3}\right)}$$

and $$\theta = \tan^{-1}\left[\frac{X_c}{3R} - \frac{R}{3X_c}\right] \quad \#$$

∴ $\theta = 0 \ominus \tan^{-1}\left(\frac{R}{3X_c} - \frac{X_c}{3R}\right)$

الزاوية الناتجة أقل من الزاوية المطلوبة

∴ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_c}{3R} - \frac{R}{3X_c}\right)$

and, at f_r

$R^2 - X_c^2 = 0$

$R = X_c$ where $X_c = \frac{1}{2\pi f_r C}$

$$R = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

$$\therefore f_r = \frac{1}{2\pi R C} \quad \# \text{ resonance freqyency}$$